

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift

⑩ DE 41 41 890 A 1

⑯ Int. CL⁵:
B 23 K 26/00
A 61 B 17/36
A 61 F 9/00

⑯

DE 41 41 890 A 1

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

28.12.90 JP 2-416767

⑯ Anmelder:

Nidek Co., Ltd., Gamagori, Aichi, JP

⑯ Vertreter:

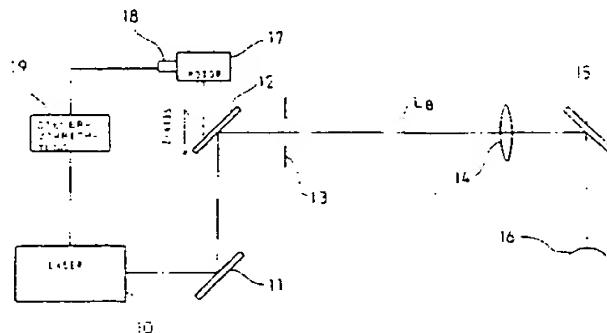
Prüfer, L., Dipl.-Phys.; Materne, J.,
Dipl.-Phys.Dr.rer.nat.habil., Pat.-Anwälte, 8000
München

⑯ Erfinder:

Sumiya, Toshifumi, Aichi, JP

⑯ Vorrichtung zur Materialabtragung einer Oberfläche durch einen Laserstrahl

⑯ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Abtragung eines Objekts auf eine gleichmäßige Tiefe durch einen Laserstrahl. Der Laser kann ein Excimerlaser sein, der eine ungleichmäßige Strahlverteilung von Gaußscher oder ähnlicher Form aufweist. Deshalb wird der Laserstrahl in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung abgetastet und auf die Oberfläche des Objekts fokussiert, wodurch eine gleichmäßige Tiefenabtragung erzielt wird. Die Vorrichtung wird bevorzugt für die Behandlung der Hornhaut verwendet.



DE 41 41 890 A 1

1 Beschreibung

1. Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Gerät zum Abtragen eines Objekts durch einen Laserstrahl (insbesondere einen Excimerlaser), der eine ungleichmäßige Strahlintensität mit Gaußscher Verteilung in einer Richtung und eine gleichmäßige Verteilung in senkrechter Richtung dazu aufweist.

Insbesondere betrifft die Erfindung ein Abtragungsgerät zur Steuerung der Abtragung (ablation) der Hornhaut durch einen Laserstrahl, um damit die Krümmung der Hornhaut zu korrigieren.

2. Beschreibung des Standes der Technik

In letzter Zeit wurden einige Verfahren vorgeschlagen, um die Refraktion eines Auges dadurch zu korrigieren, daß die Oberfläche der Hornhaut abgetragen wird, um deren Krümmung zu ändern. Bei diesem Verfahren ist es erforderlich, die Tiefe der Abtragung zu steuern, so daß diese gleichmäßig ist. Dies wurde dadurch erreicht, daß die Intensitätsverteilung des für die Abtragung verwendeten Lasers so gesteuert wurde, daß diese konstant war.

So schlägt beispielsweise die offengelegte japanische Patentanmeldung No. 63-1 50 069 (USP 49 11 711) vor, den Laserstrahl durch ein Filter mit spezieller Durchlaßcharakteristik zu homogenisieren, oder aber diesen Laserstrahl zu reflektieren.

Bei der Filtermethode durchdringt der Laserstrahl ein Filter mit einer Durchlaßcharakteristik, die umgekehrt zur Intensitätsverteilung des Laserstrahls verläuft, wodurch die Strahlintensität an den Stellen großer Intensität reduziert und dadurch eine gleichmäßige Intensitätsverteilung erreicht wird.

Wenn der Laserstrahl von z. B. einem Excimerlaser eine Verteilung wie in Fig. 7(a) aufweist, ist die Intensitätsverteilung entlang der X-Achse wie in Fig. 7(b) dargestellt, und die Gaußsche Intensitätsverteilung entlang der Y-Achse weist eine maximale Krümmung im mittleren Teil des Laserstrahls auf, wie in Fig. 7(c) dargestellt.

Der Laserstrahl durchdringt dann das Filter mit einer Durchlaßcharakteristik in Y-Richtung, die im mittleren Teil der Filterfläche gering ist, wie in Fig. 8(c) dargestellt (in diesem Fall ist die Durchlaßcharakteristik in X-Richtung gleichförmig, wie in Fig. 8(b) gezeigt). Die Intensität des Teils mit hoher Intensität (der mittlere Teil der Intensitätsverteilung von Fig. 7(c)) wird durch den Teil des Filters mit geringer Transmission (mittlerer Teil der Transmissionsverteilung von Fig. 8(c)) reduziert.

Der Teil der Intensitätsverteilung des Lasers mit geringer Intensität (beide Endteile der Intensitätsverteilung von Fig. 7(c)) durchdringen die Teile des Filters mit hoher Transmission (beide Endteile der Transmissionsverteilung nach Fig. 8(c)) und werden dort nur geringfügig absorbiert. Folglich wird die Intensitätsverteilung des durchgelassenen Laserstrahls an den Teilen mit geringer Intensität (beide Endteile) und der intensitätsstarke mittlere Teil gleich groß gemacht, wodurch eine gleichmäßige Intensitätsverteilung erzielt wird.

Bei dem Verfahren zur Homogenisierung eines Laserstrahls durch Reflexion wird dieser in eine Anzahl von Strahlen aufgespalten und wieder zusammengeführt, so daß dieser homogenisiert wird. Eine solche

Vorrichtung ist in Fig. 9 dargestellt. Die Vorrichtung weist ein zentrales dreieckförmiges optisches Prisma 2a auf. Außerdem sind zwei kleinere äußere Prismen 2b, 2c, erste und zweite Strahlaufteilungsprismen 3a, 3b, eine Eingangseinheit und zwei getrennte Reflektoren 4a, 4b zur Aufteilung des Laserstrahls, und äußere Paare von Reflektoren 5a, 5b und 6a, 6b vorgesehen.

Jeder der Reflektoren 4a, 4b reflektiert ein Drittel des Laserstrahls von der Höhe H des Strahles ab und lenkt 10 diesen Anteil in Richtung der Reflektoren 5a, 6b zur weiteren Reflexion durch die Reflektoren 5a, 6a, um auf diese Weise die äußeren Teile gegenüber dem zentralen Teil zu versetzen.

Am Ort des operativen Teils des Strahleiters 3a wird 15 der obere abgetrennte Drittelteil durch den Reflektor 5b abgelenkt und zum zentralen Drittelteil addiert.

Am Ort des operativen Teils des Strahleiters 3a wird 20 der untere abgetrennte Drittelteil durch den Reflektor 6b abgelenkt und zum zentralen Drittelteil und dem bereits addierten oberen Drittelteil addiert.

Fig. 10 zeigt das Ergebnis des in Verbindung mit 25 Fig. 9 erläuterten Vorgangs. Die Gaußverteilung eines Laserstrahls mit dem gestrichelt gezeichneten Profil P enthält einen oberen Teil, der durch die Reflektoren 4a, 5a, 5b abgelenkt und übertragen wird, um durch die Strahler Strahleiterfläche 3a mit dem zentralen Teil vereinigt zu werden. Der versetzte obere Teil ist durch die strichpunktiierte Kurve P' dargestellt.

In ähnlicher Weise wird der durch die strichpunktiierte Kurve P'' dargestellte untere Teil abgetrennt und durch die Reflektoren 4b, 6a, 6b übertragen, um mit den bereits zusammengeführten mittleren und oberen Teilen durch die Strahleiterfläche 3b vereinigt zu werden.

Das Ergebnis ist eine Strahlverteilung, die ein Drittel der Höhe des zentralen Eindrittelanteils aufweist und die entlang der Y-Achse eine Intensitätsverteilung besitzt, wie sie im wesentlichen durch die ausgezogene Linie PR dargestellt ist.

Ein anderes Verfahren ist in der offengelegten japanischen Patentanmeldung No. 63-2 89 519 gezeigt, wobei 40 eine Anordnung von zylindrischen Linsen verwendet wird, die ein Array von dichten, in X-Richtung angeordneten Zylinderlinsen darstellen.

Fig. 11 stellt eine Anordnung dar, bei der ein Laserstrahl auf eine Bestrahlungsfläche S trifft, nachdem er 45 eine torische Linse 7 und ein Array von Zylinderlinsen 8 passiert hat. Nachdem der Laserstrahl durch die torische Linse 7 gebündelt wurde, die eine stark sammelnde Wirkung in Y-Richtung und eine schwach sammelnde Wirkung in X-Richtung aufweist, durchdringt er das Array von Zylinderlinsen 8. Dadurch erhält die Brechung des Laserstrahls in Y-Richtung eine Zufallsverteilung und es entsteht eine gleichmäßige Intensitätsverteilung auf der Bestrahlungsfläche S.

Bei den oben geschilderten Methoden ergeben sich mehrere Nachteile. Bei der Transmissionsfilter-Methode mit spezieller Durchlässigkeitsverteilung ist es schwierig, ein Filter mit richtigem Kurvenverlauf herzustellen und es gelingt nicht, eine gleichmäßige Intensitätsverteilung des Strahls zu erzeugen, da die Durchlaßkurve ungenau ist. Die Intensitätsverteilung des Laserstrahls kann auch dann nicht kompensiert werden, wenn sich dessen Intensitätsverteilung ändert oder wenn die Strahlachse falsch ausgerichtet ist. Es ergibt sich auch das Problem, daß das Ausmaß der Durchlässigkeit im Bereich der hohen Strahlintensität so stark reduziert werden muß, daß der dadurch entstehende Energieverlust nicht tragbar ist.

Bei der Methode durch Homogenisierung durch Reflexion des Laserstrahls durch eine Mehrzahl von Spiegeln ergibt sich ein komplexer Aufbau und der Zeitaufwand zur Justierung ist groß. Wenn sich die Intensitätsverteilung des Laserstrahls ändert oder die Strahlachse falsch ausgerichtet ist, kann keine gleichmäßige Energieverteilung erzielt werden, wenn der Laserstrahl nach Teilung durch den Strahlteiler rekombiniert wird.

Bei der Methode mit dem zylindrischen Linsen-array ergibt sich die Schwierigkeit, daß dessen Herstellung kompliziert und zeitaufwendig ist.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, die oben geschilderten Probleme zu vermeiden und eine Tragungsvorrichtung zur Abtragung eines Objekts auf eine gleichmäßige Tiefe zu schaffen.

Eine andere Aufgabe besteht darin, eine solche Vorrichtung zu schaffen, bei der die optische Energie wirksam zur Schaffung einer gleichmäßigen Tiefe ausgenutzt wird.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Abtragungsvorrichtung zu schaffen, die einfach aufgebaut ist und in der kein komplexes optisches System oder optische Komponenten verwendet werden, die schwierig herzustellen sind.

Diese und weitere Aufgaben werden gelöst und neue Merkmale der Erfindung werden erzielt mit einer Abtragungsvorrichtung zur Abtragung der Oberfläche eines Objekts mit einem Laserstrahl mit Gaußscher Intensitätsverteilung in einer Richtung und gleichförmiger Strahlintensität in einer anderen Richtung, die eine Laserquelle zum Aussenden eines Laserstrahls, Abtastmittel zum Abtasten des Laserstrahls in der Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des Laserstrahls, und Bestrahlungsmittel zum Bestrahen des durch die Abtastmittel abgetasteten Laserstrahls für das abzutragende Objekt aufweist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird ausführlich unter Bezugnahme auf folgende Zeichnungen erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Anordnung der Teile der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Intensitätsprofils der horizontalen Achse (X-Achse) und der vertikalen Achse (Y-Achse) eines Laserstrahls von einem Eximerlaser, wie er im Beispiel der Fig. 1 benutzt wird;

Fig. 3(a) bis 3(d) Diagramme der Laserstrahlintensitätsprofile entlang der vertikalen (Y-Achse) Richtung in einer Öffnung;

Fig. 4(a) bis 4(d) Diagramme der Laserstrahlintensitätsprofile entlang der vertikalen (Y-Achse) Richtung auf der Hornhaut eines Auges;

Fig. 5(a) bis 5(e) sind Darstellungen, die den Vorgang der Abtragung gemäß Fig. 4 erläutern;

Fig. 6(a) und 6(b) sind zeitliche Diagramme, um die Steuerung der Bewegung des Planspiegels 12 von Fig. 1 in bezug auf den Laserstrahl zu erläutern;

Fig. 7(a) bis 7(c) sind Zeichnungen, die ein allgemeines Beispiel der Energieverteilung eines Laserstrahls, beispielsweise eines Eximerlasers, wiedergeben;

Fig. 8(a) bis 8(c) dienen der Erklärung des ersten Beispiels nach dem Stand der Technik;

Fig. 9 dient der Erläuterung des zweiten Beispiels nach dem Stand der Technik;

Fig. 10 zeigt die Intensitätsverteilung, die durch die Vorrichtung nach Fig. 9 erzielt wird und

Fig. 11 dient der Erläuterung des dritten Beispiels nach dem Stand der Technik.

Ausführliche Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels

Im folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Abtragungsvorrichtung nach der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen im Detail geschrieben.

Wie in Fig. 1 dargestellt, umfaßt die Abtragungsvorrichtung eine Laserquelle 10 (bevorzugt einen Eximerlaser), Planspiegel 11, 12, 15 zur Ablenkung des Laserstrahls L_B, der von der Laserquelle 10 emittiert wird, eine Öffnung 13 mit veränderlichem Durchmesser im optischen Strahlengang zwischen den Spiegeln 12 und 15, und ein Projektionsobjektiv 14, das zur Projektion des durch die Öffnung 13 verlaufenden Laserstrahls L_B auf eine Hornhaut 16 über den Spiegel 15 dient.

Der von der Laserquelle 10 kommende Laserstrahl L_B wird vom Planspiegel 11 um 90° umgelenkt, vom Spiegel 12 um weitere 90°, wobei er in der gleichen Ebene verläuft. Nachdem der Laserstrahl die Öffnung 13 passiert hat, wird er vom Planspiegel 15 um 90° in der gleichen Ebene umgelenkt und auf die Oberfläche der Hornhaut 16 projiziert.

Obwohl der Laserstrahl beim Passieren der Öffnung 13 gestreut wird, wird er durch das Projektionsobjektiv 14 gesammelt. Das Projektionsobjektiv 14 ist zur Öffnung 13 und zur Hornhaut 16 konjugiert, der durch die Öffnung 13 innerhalb eines bestimmten Bereichs kommende Laserstrahl wird so auf die Oberfläche der Hornhaut 16 projiziert, daß die Abtragungsfläche der Hornhaut begrenzt ist. Die Hornhaut ist in bezug auf die Vorrichtung in einer vorbestimmten Position angeordnet.

Das Teilprofil des von der Laserquelle emittierten Laserstrahls der Fig. 1 weist eine fast gleichmäßige Intensitätsverteilung F(W) in horizontaler Richtung (X-Achse Richtung) auf, während die Strahlintensitätsverteilung in vertikaler Richtung (Y-Achsenrichtung) eine Gaußsche Verteilung F(H) besitzt.

Der Planspiegel 12 in Fig. 1 ist parallel zur Z-Achse durch einen Antriebsmotor 17 bewegbar, und die Position des Spiegels 12 (Ausmaß der Bewegung) wird durch einen Detektor 18 festgestellt. Der Positionsdetektor 18 kann beispielsweise einen Rotationsencoder auf der Achse des Spiegelantriebsmotors 17 aufweisen.

Der Positionsdetektor 18 und die Laserquelle 10 sind mit einer Steuervorrichtung 19 verbunden, wobei die Laserimpulse abhängig vom Ausgangssignal des Positionsdetektors 18 emittiert werden. Der Betrieb der vorliegenden Vorrichtung wird durch einen Mikroprozessor der Steuervorrichtung 19 gesteuert.

Wie oben beschrieben bewegt sich der Spiegel 12 parallel zur Z-Achse der Fig. 1, wobei der Laserstrahl parallel zur Richtung der Gaußverteilung bewegt wird. Der Planspiegel 12 bewegt sich synchron zu dem von der Laserimpulsquelle 10 abgestrahlten Laserimpuls, und nachdem ein oder mehrere Laserimpulse mit einer vorbestimmten Position des Planspiegels 12 ausgesandt wurden, bewegt sich der Spiegel 12 zu einer nächsten Position, worauf wieder in dieser Position ein oder mehrere Laserimpulse ausgesandt werden, worauf sich der Spiegel 12 in eine nächste Position bewegt. Dieser Bewegungsvorgang wird von einem Ende der Öffnung 13

zum anderen Ende wiederholt. Dies bedeutet, daß die Bestrahlung mit dem Laserstrahl in der Abtragungsfäche der Hornhaut mit einem bestimmten Intervall wiederholt wird (mit einem oder mehreren Laserimpulsen, so daß diese Impulse kombiniert und eine gleichmäßige Abtragung der Tiefe erzielt wird).

Das Ausmaß der Bewegung des Planspiegels 12 wird durch Korrelation verschiedener Komponenten bestimmt, z. B. der Tiefe der Abtragung, dem erforderlichen Ausmaß der Gleichförmigkeit, oder der Intensität und der Intensitätsverteilung des Lasers, oder ähnlichen Faktoren. Die Einstellung der Intensität des Laserstrahls oder der Abtragungstiefe pro Impuls kann durch Einstellung der Leistung des Lasers innerhalb eines bestimmten Bereichs eingestellt werden.

Zur Vereinfachung der Erläuterung kann angenommen werden, daß sich der Planspiegel 12 bei jedem Impuls bewegt, obwohl ein solches 1 : 1 Verhältnis bei der Erfindung nicht erforderlich ist. Die Fig. 3(a) bis 3(d) zeigen die Änderung der Intensitätsverteilung des Lasers in Y-Richtung in der Öffnung 13. Die Fig. 4(a) bis 4(d) zeigen die Intensitätsverteilung in Y-Richtung auf der Hornhaut 16. Die Fig. 5(a) bis 5(e) geben den Vorgang der Abtragung der Hornhaut wieder.

Wenn ein erster Laserstrahlimpuls mit der in Fig. 3(a) dargestellten Intensitätsverteilung in der Öffnung 13 durch das Projektionsobjektiv 14 auf die Hornhaut 16 fokussiert wird, ergibt sich auf der Hornhaut 16 die in Fig. 4(a) gezeigte Intensitätsverteilung. Zu diesem Zeitpunkt wird die Hornhaut 16 durch die Laserbestrahlung abgetragen, wie durch die schraffierte Fläche in Fig. 5(a) dargestellt ist. Wenn ein zweiter Laserstrahlimpuls fokussiert wird, nachdem der Planspiegel 12 in Richtung der Z-Achse bewegt wurde, hat sich die Intensitätsverteilung in der Öffnung 13 wie in Fig. 3(b) geändert. Folglich ist die auf die Hornhaut projizierte Intensitätsverteilung wie in Fig. 4(b) dargestellt, und die Hornhaut 16 wird weiter wie in Fig. 5(b) dargestellt, getragen. Der dritte Impuls des Lasers erzeugt eine Intensitätsverteilung in der Öffnung 13 wie in Fig. 3(c) gezeigt, und die Intensitätsverteilung auf der Hornhaut 16 ist wie in Fig. 4(c) dargestellt, wodurch die in Fig. 5(c) durch eine Schraffierung gekennzeichnete Fläche auf der Hornhaut abgetragen wird. In gleicher Weise verursachen weitere Laserimpulse bis zum n-ten Impuls Intensitätsverteilungen in der Öffnung 13, wie in der Fig. 3(d) dargestellt. Die Fig. 4(d) zeigt die Intensitätsverteilung auf der Hornhaut 16 und die in der Fig. 5(d) dargestellten schraffierten Flächen werden abgetragen.

Durch die Bewegung des Planspiegels 12 parallel zur Z-Achse und synchron in bezug auf den Laserimpuls und Bestrahlung mit dem Laserimpuls während dieser in Richtung seiner ungleichmäßigen Intensitätsverteilung bewegt wird, wird die Hornhaut 16 um eine fast gleichmäßige Tiefe abgetragen.

Die Fig. 6(a) und 6(b) sind Zeitdiagramme um die Zeitabstimmung des Steuermechanismus zu erläutern, der den Planspiegel 12 synchron mit dem Laserimpuls bewegt. In Fig. 6(a) ist der Ausgangs-Puls des Lasers dargestellt und Fig. 5(b) zeigt das Ausgangssignal des Detektors 18, der die Position des Planspiegels 12 überwacht.

Ein m-Impulsausgangssignal des Lagedetektors 18 wird verwendet, um das Ausmaß der Bewegung des Planspiegels 18 zur Erzielung einer gleichmäßigen Abtragung zu erreichen.

Wenn das Ausgangssignal des Lagedetektors 18, der die Position des Planspiegels 18 zum Zeitpunkt des er-

sten Laserimpulses detektiert, der erste Impuls ist, wird der Planspiegel 12 so bewegt, daß das $m+1$ te Ausgangssignal zum Zeitpunkt des zweiten Laserimpulses abgegeben wird, und das $2m+1$ te Ausgangssignal wird zum Zeitpunkt des dritten Laserimpulses abgegeben, so daß die Laserimpulse jeweils bei jedem m -ten Impuls des Ausgangssignals des Lagedetektors 18 emittiert werden. Durch die Wiederholung dieser Laserimpulse wird eine gleichmäßige Abtragung durch Laserbestrahlung erzielt. Es ist zweckmäßig, den Laser bei etwa 20 – 50 Hz zu betreiben, so daß die Behandlungszeit verkürzt und die Belastung des Lasers reduziert wird.

Die Worte, mit denen die Richtungen in obiger Beschreibung erläutert werden, stellen nur eine Beschreibung einer möglichen Energieverteilung des Lasers dar, andere Richtungen können verwendet werden.

Die vorliegende Erfindung kann in anderer Ausführungsform verwirklicht werden, ohne vom Gedanken der Erfindung oder wesentlichen Merkmalen davon abzuweichen. Die Ausführungsbeispiele dienen daher nur zur Erläuterung und sind nicht restriktiv zu verstehen. Der Umfang der Erfindung wird vielmehr durch die anliegenden Ansprüche und nicht durch die Beschreibung bestimmt, und alle Änderungen, die innerhalb der Bedeutung oder der Äquivalenz dieser Ansprüche liegen, sollen durch diese umfaßt sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Materialabtragung der Oberfläche eines Objekts durch einen Laserstrahl, der eine ungleichmäßige Intensitätsverteilung mit Gaußscher oder ähnlicher Verteilung in einer Richtung und eine gleichmäßige Intensitätsverteilung in einer anderen Richtung aufweist, enthaltend:
eine Laserquelle zum Aussenden eines Laserstrahls;
Abtastmittel zur Abtastung des Laserstrahls in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des Laserstrahls und
Bestrahlungsmittel zum Fokussieren des abgetasteten Laserstrahls auf das abzutragende Objekt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei als Laser ein Eximerlaser verwendet wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Abtastmittel reflektierende optische Elemente enthalten, um die Laserstrahlung zu reflektieren, und Bewegungsmittel, um die Reflexionsmittel in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des Laserstrahls zu bewegen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Reflexionsmittel einen reflektierenden Spiegel enthalten.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Bewegungsmittel einen Antriebsmotor enthalten.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei Positionsdetektormittel vorgesehen sind, um die Lage des reflektierenden optischen Elements zu erfassen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Positionsdetektormittel einen rotierenden Encoder enthalten.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei Steuermittel zur Steuerung der Abstrahlung der Laserimpulse durch die Laserquelle vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bestrahlungsmittel einstellbare Mittel zur Steuerung einer Öffnung aufweisen, die der Laserstrahl passiert, und ein Projektionsobjektiv, mit dem der die Öffnung durchdringende Laserstrahl auf das Objekt

fokussiert wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei das Projektionsobjektiv mit der genannten Öffnung und der Oberfläche des abzutragenden Objekts konjugiert ist, um ein Bild der Öffnung auf die Oberfläche des Objekts zu projizieren, und so die abzutragende Fläche zu definieren. 5

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Objekt die Hornhaut eines Auges ist.

12. Vorrichtung zur Abtragung der Oberfläche einer Hornhaut durch einen Laserstrahl, der eine ungleichförmige Intensitätsverteilung mit Gaußscher oder ähnlicher Verteilung in eine Richtung aufweist, um so die Krümmung der Hornhaut zu korrigieren, enthaltend: eine Laserquelle zum Außen- 10
en eines Laserstrahls; Abtastmittel zur Abtastung des Laserstrahls in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des Laserstrahls und Bestrahlungsmittel zum Fokussieren des abgetasteten Laserstrahls auf die Hornhaut. 15

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei als Laser ein Eximerlaser verwendet wird. 20

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Ab- 25
tastmittel reflektierende optische Elemente enthalten, um die Laserstrahlung zu reflektieren, und Be-
wegungsmittel, um die Reflexionsmittel in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des La-
serstrahls zu bewegen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Refle- 30
xionsmittel einen reflektierenden Spiegel enthalten.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Bewe- 35
gungsmittel einen Antriebsmotor enthalten.

17. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei weiter 35
Positionsdetektormittel vorgesehen sind, um die Lage des reflektierenden optischen Elementes zu er-
fassen.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Posi- 40
tionsdetektormittel einen rotierenden Encoder ent-
halten.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei Steuer- 40
mittel zur Steuerung der Abstrahlung der Laserim-
pulse durch die Laserquelle vorgesehen sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Be- 45
strahlungsmittel einstellbare Mittel zur Steuerung einer Öffnung aufweisen, die der Laserstrahl pas-
siert, und ein Projektionsobjektiv, mit dem der die Öffnung durchdringende Laserstrahl auf die Horn-
haut fokussiert wird.

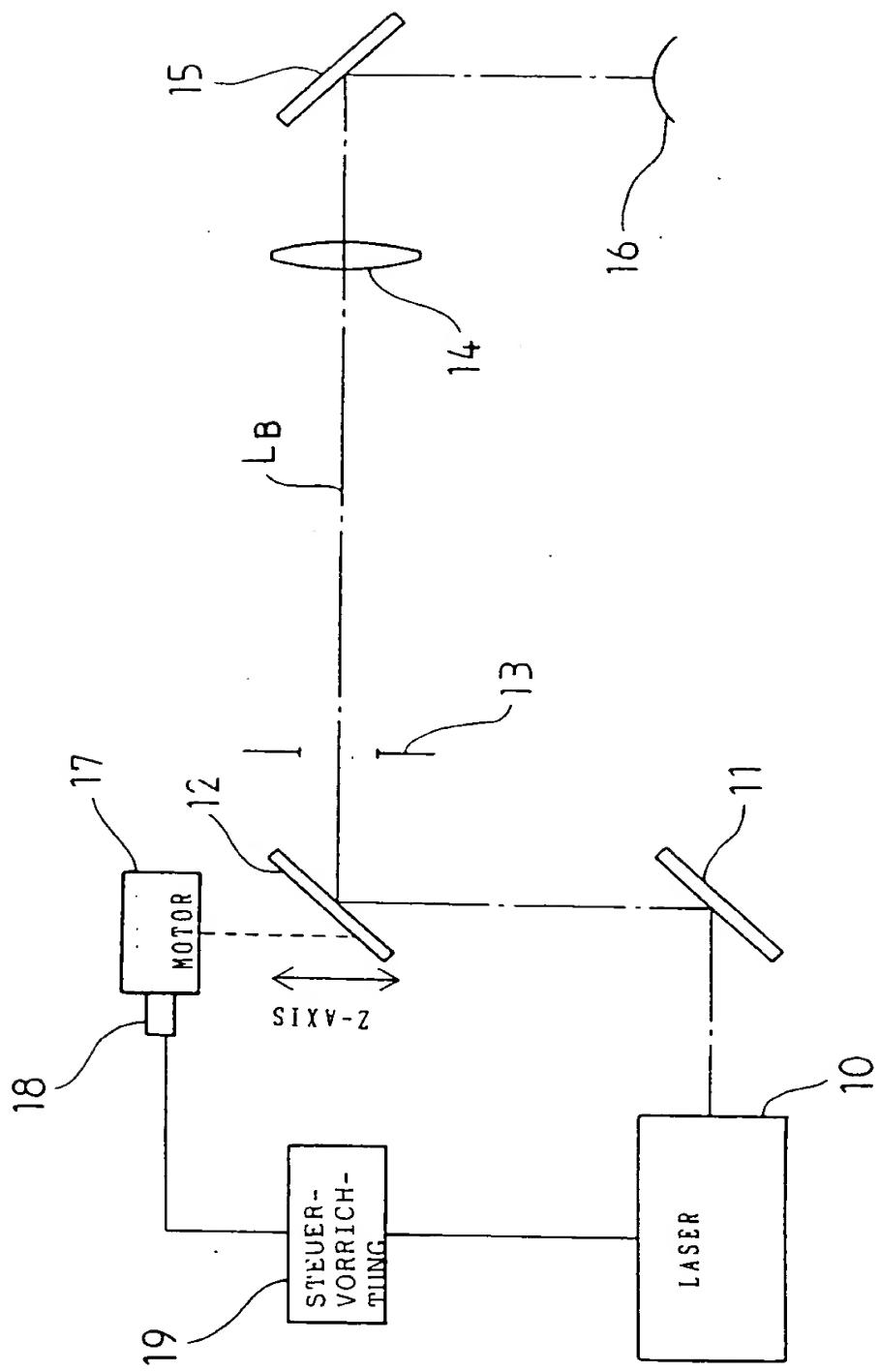
21. Verfahren zur Abtragung eines Objekts durch 50
einen Laserstrahl, der eine ungleichmäßige Intensi-
tätsverteilung von Gaußscher Form in einer Rich-
tung aufweist, wobei der Laserstrahl in Richtung der ungleichmäßigen Intensitätsverteilung des La-
serstrahls abgetastet und auf das Objekt fokussiert wird. 55

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

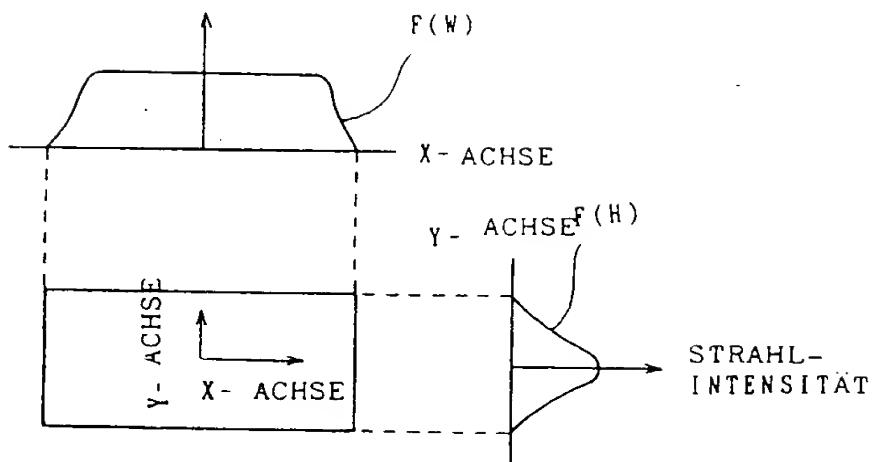
— Leerseite —

This Page Blank (uspto)

FIG. 1



F I G . 2

STRÄHL-
INTENSITÄT

F I G . 3

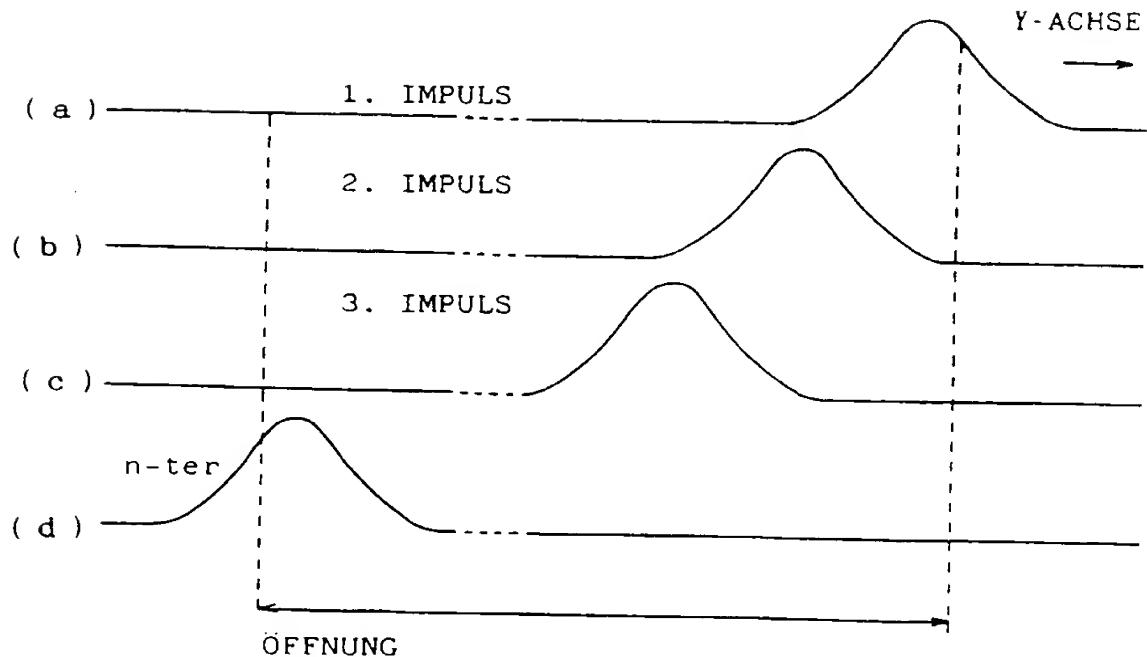


FIG. 4

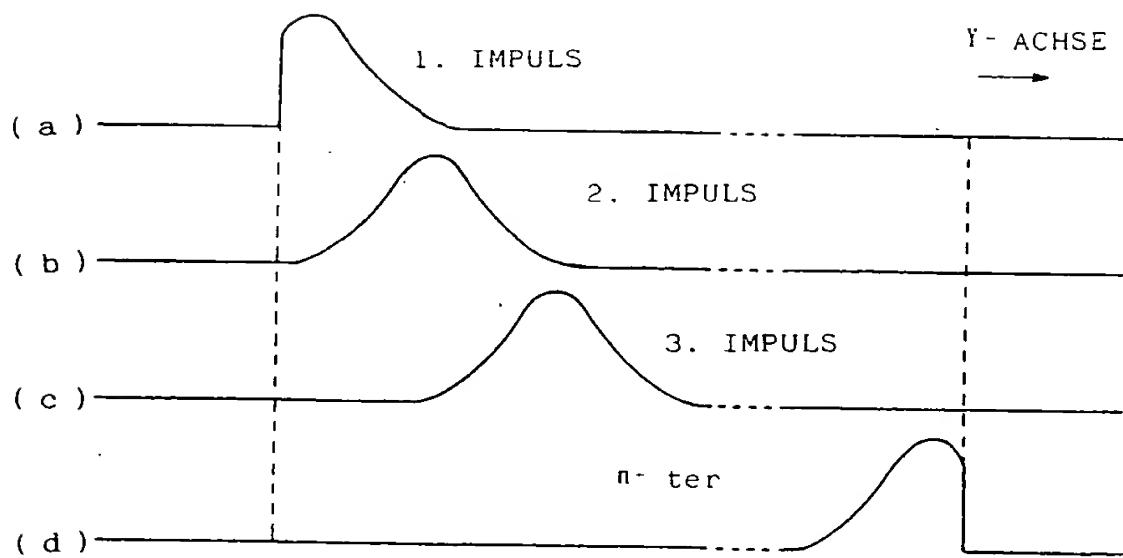
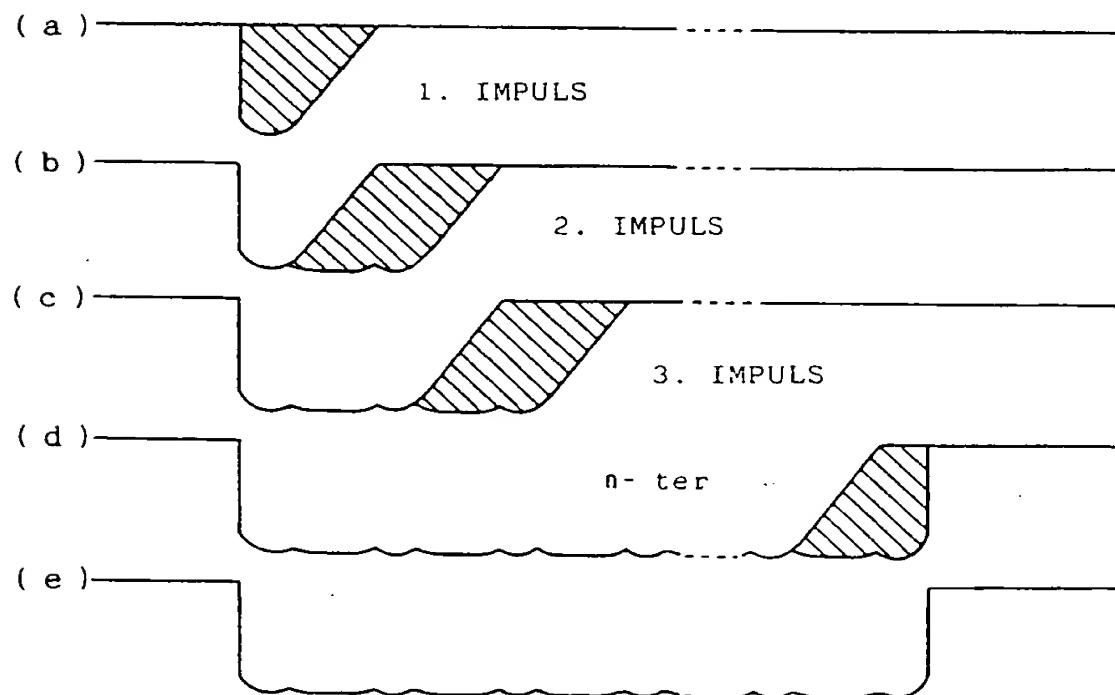
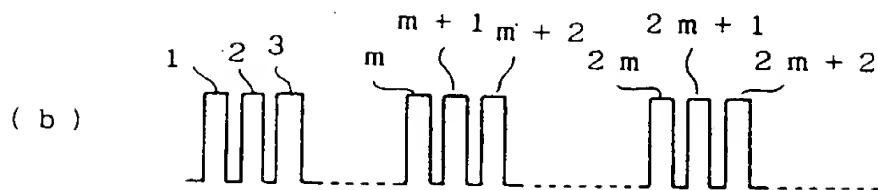
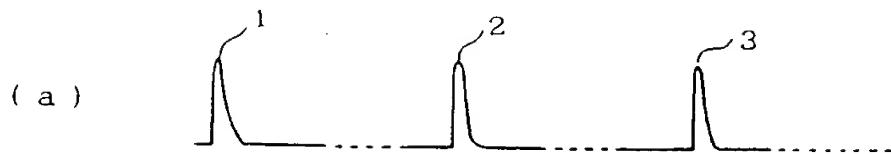


FIG. 5

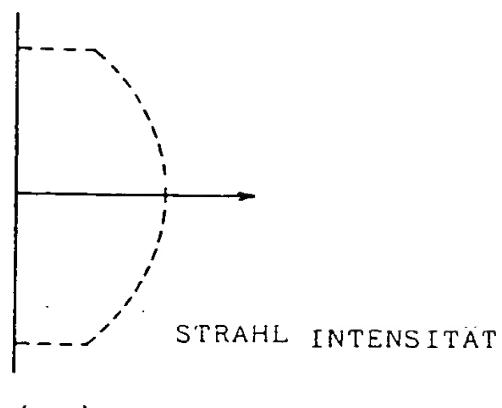
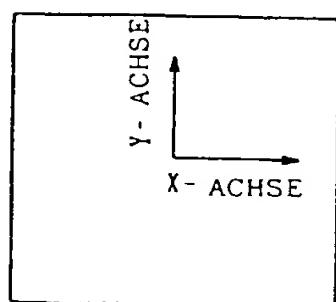
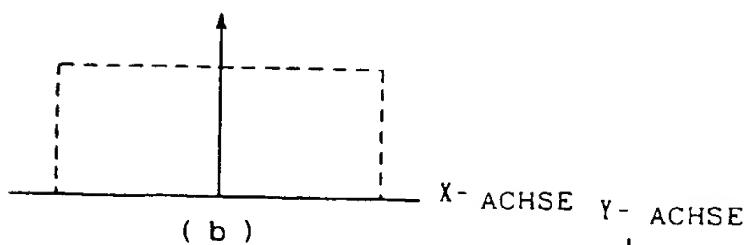


F I G . 6



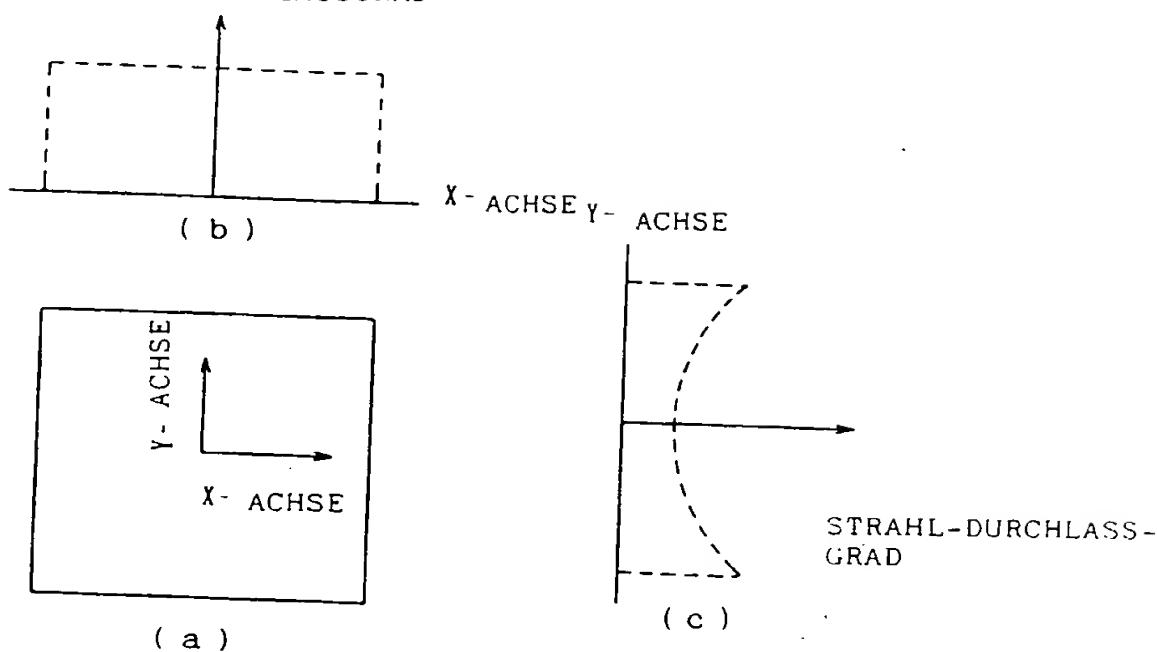
F I G . 7

STRAHL INTENSITÄT

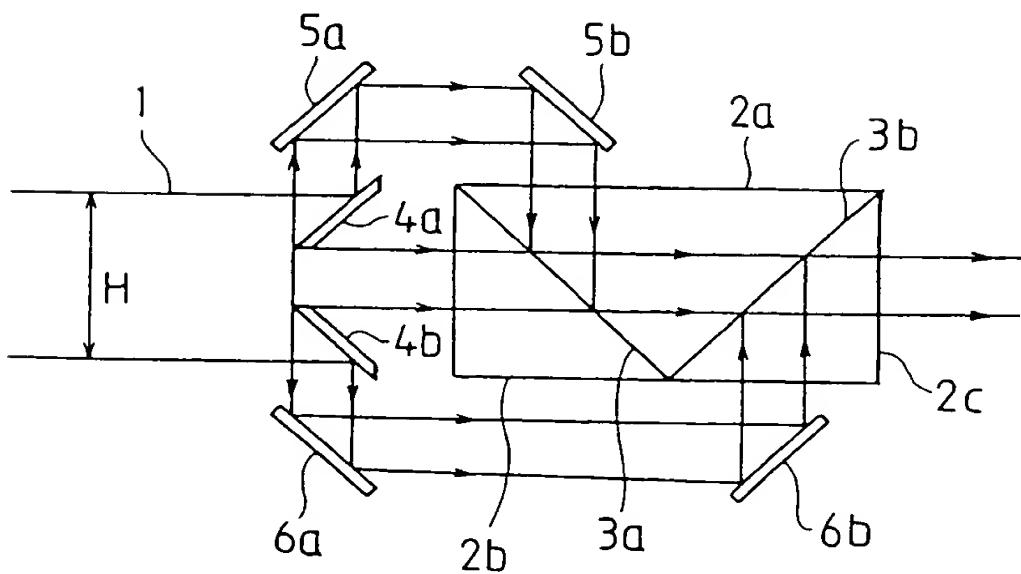


F I G . 8

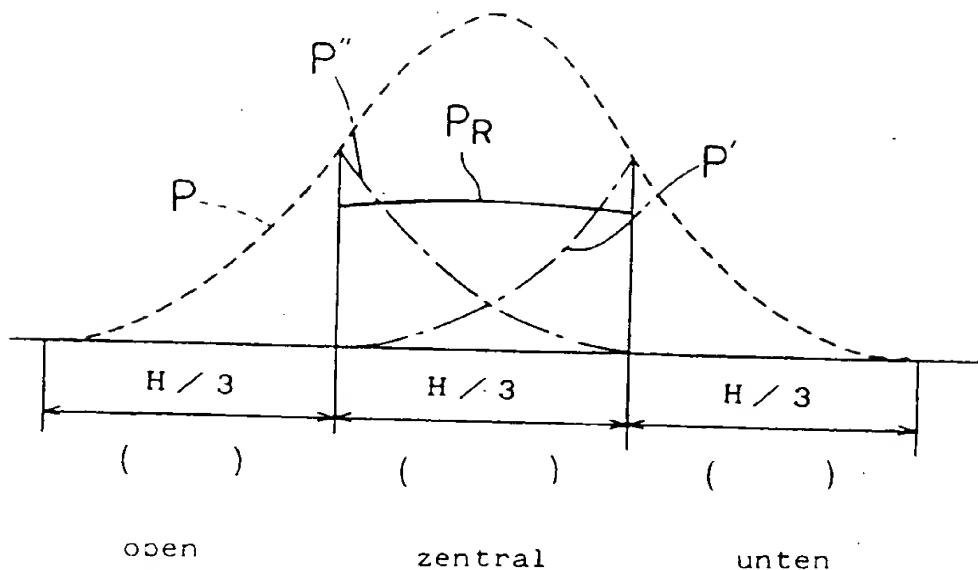
STRAHL-DURCHLASSGRAD



F I G . 9



F I G . 1 0



F I G . 1 1

